

411

ผลของการทำแห้งแบบเยือกแข็งและแบบพ่นฝอยต่อโยเกิร์ตพร้อมดื่มผง



นาย พรเทพ เมฆารักษ์ภิญโญ

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


พ.ศ. 2538

ISBN 974-631-667-2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I16696232

**EFFECTS OF FREEZE DRYING AND SPRAY DRYING ON POWDERED YOGHURT**



**Mr. Porntape Makarukpinyo**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science**

**Department of Food Technology**

**Graduate School**

**Chulalongkorn University**

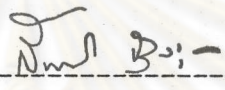
**1995**

**ISBN 974-631-667-2**

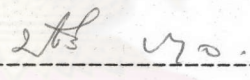
หัวข้อวิทยานิพนธ์      ผลของการทำแห้งแบบเยือกแข็งและแบบพ่นฝอยต่อโยเกิร์ตพร้อมดื่มผง  
โดย                      นาย พรเทพ เมฆารักษ์ภิญโญ  
ภาควิชา                    เทคโนโลยีทางอาหาร  
อาจารย์ที่ปรึกษา        อาจารย์ ดร. สุ่มธ ตันตระเชียร

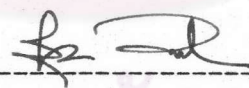
---

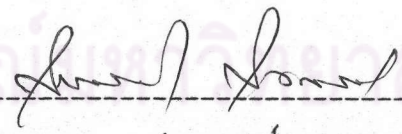
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการ  
ศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

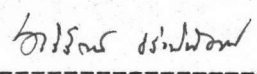
  
----- คณะบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
( รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ กุงสุวรรณ )

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
----- ประธานกรรมการ  
( รองศาสตราจารย์ ดร. พิชรี ปานกุล )

  
----- อาจารย์ที่ปรึกษา  
( อาจารย์ ดร. สุ่มธ ตันตระเชียร )

  
----- กรรมการ  
( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทธิศักดิ์ สุขในศิลป์ )

  
----- กรรมการ  
( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริรัตน์ เร่งนิพัฒน์ )



พรเทพ เมฆารักษ์ภิญโญ : ผลของการทำแห้งแบบเยือกแข็งและแบบพ่นฝอยต่อโยเกิร์ต  
พร้อมดื่มผง (EFFECTS OF FREEZE DRYING AND SPRAY DRYING ON POWDERED  
YOGHURT) อ.ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.สุเมธ ตันตระเธียร, 108 หน้า. ISBN 974-631-667-2

คัดแยกเชื้อแบคทีเรียผลิตภัณฑ์จากโยเกิร์ตในทางการค้าชนิดธรรมดา 4 ตรา แล้วคัดเลือกเชื้อที่มีความสามารถในการผลิตกรดแลคติกได้เร็ว และมีระดับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงสุด มาใช้เป็นหัวเชื้อในการผลิตโยเกิร์ตเพื่อใช้ในการผลิตโยเกิร์ตผง พบว่าสามารถแยกเชื้อแบคทีเรียได้ 7 สายพันธุ์ คือ A<sub>1</sub> A<sub>2</sub> B<sub>1</sub> B<sub>2</sub> C<sub>1</sub> C<sub>2</sub> และ D<sub>2</sub> เมื่อคัดเลือกแบคทีเรียที่แยกได้เปรียบเทียบกับเชื้อ Wild Type พบว่าหัวเชื้อผสมระหว่างสายพันธุ์ A<sub>1</sub> กับ A<sub>2</sub> ผลิตกรดได้เร็วเหมาะสมที่จะนำไปทำหัวเชื้อเพื่อใช้ในการผลิตโยเกิร์ตมากที่สุด และศึกษาผลของวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิลมออก 60 70 80 และ 90 °C โดยให้แรงดันที่หัวพ่นฝอย อัตราเร็วในการป้อนตัวอย่าง และอุณหภูมิของตัวอย่างขณะป้อนคงที่ ที่ 3 Kgs./Cm<sup>3</sup>, 10 MI./Min. และ 35 °C ตามลำดับ เปรียบเทียบกับการทำแห้งแบบเยือกแข็งที่อุณหภูมิแช่แข็ง -5 และ -20 °C และอุณหภูมิทำแห้ง 25 และ 35 °C ที่มีผลต่อคุณภาพด้าน สี ความชื้น อัตราการรอดชีวิตของแบคทีเรียผลิตภัณฑ์ และระดับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น-รส ความเปรี้ยว ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม พบว่าการทำแห้งแบบเยือกแข็งทำให้ได้โยเกิร์ตผงที่มีคุณสมบัติด้าน สี อัตราการรอดชีวิตของแบคทีเรียผลิตภัณฑ์ระดับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่อุณหภูมิแช่แข็งดีกว่าแบบพ่นฝอย และปัจจัยของอุณหภูมิที่ใช้ในการแช่แข็งที่ลดลงและอุณหภูมิการทำแห้งที่ลดลง มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการรอดชีวิตของแบคทีเรียผลิตภัณฑ์ (P ≤ 0.05) การทำแห้งแบบเยือกแข็งที่อุณหภูมิแช่แข็ง -20 °C อุณหภูมิทำแห้ง 25 °C ให้ค่าอัตราการรอดชีวิตของแบคทีเรียผลิตภัณฑ์สูงสุดที่ -1.55 นอกจากนี้ยังติดตามการเปลี่ยนแปลงด้านต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นในระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิเย็น (37 °C) ตลอด 10 สัปดาห์ พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงด้าน สี ระดับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส กลิ่น-รส ความเปรี้ยว ลักษณะปรากฏ และเนื้อสัมผัส (P > 0.05) แต่อัตราการรอดชีวิตของจุลินทรีย์ทั้งหมด แบคทีเรียผลิตภัณฑ์ รา ยีสต์ ระดับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน สี และการยอมรับรวม จะลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บมากขึ้น ส่วนปริมาณความชื้นจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บนานขึ้น (P ≤ 0.05)

ภาควิชา ..... เทคโนโลยีทางอาหาร  
สาขาวิชา ..... เทคโนโลยีการอาหาร.....  
ปีการศึกษา ..... 2537.....

ลายมือชื่อนิสิต .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....



## C426894 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY  
KEY WORD:

POWDERED YOGHURT / FREEZE DRYING / SPRAY DRYING

PORNTAPE MAKARUKPINYO : EFFECTS OF FREEZE DRYING AND SPRAY DRYING ON  
POWDERED YOGHURT. THESIS ADVISOR : SUMATE TANTRATEAN, Ph.D. 108 pp.  
ISBN 974-631-667-2

Lactic acid bacteria were isolated from 4 commercial plain yoghurts. The strains which had highest production rate of lactic acid and highest sensory score were selected. The strain A<sub>1</sub> and A<sub>2</sub> were chosen among the isolated strains and wild types. Yoghurt that used mixed culture of A<sub>1</sub> and A<sub>2</sub> as starter culture were dried by using spray drying and freeze drying methods. For spray drying, the yoghurt was done under the outlet air temperature at 60, 70, 80 and 90 °C while atomizing air pressure, feed rate and feed temperature are constant at 3 Kgs./cm<sup>3</sup>, 10 MI./Min. and 35 °C, respectively. Drying by freeze drying was done under the freezing temperature of -5 °C or -20 °C and the drying temperature of 25 °C or 35 °C. The quality of color, moisture, survival of lactic acid bacteria and sensory score comprised of color, flavour, sour, appearance, texture, overall acceptance were studied. The freeze dried yoghurt was better than spray dried yoghurt in many aspects, except the percentage of moisture. The lower temperature for freezing and drying gave the better survival rate for bacteria (P ≤ 0.05). The freezing temperature at -20 °C and drying temperature at 25 °C gave the highest rate of survival, -1.55. The freeze dried yoghurt powder was kept at room temperature for 10 weeks and at 37 °C for 4 weeks, there was not significant change in color, and sensory score in flavour, sourness, appearance and texture (P > 0.05). But the rate of survival of total bacteria, lactic acid bacteria, mold and yeast also sensory score in color and overall acceptance decline when the product was kept longer (P ≤ 0.05).

ภาควิชา..... เทคโนโลยีทางอาหาร      ลายมือชื่อนิสิต..... *h/s Sumalee*  
สาขาวิชา..... เทคโนโลยีการอาหาร      ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... *Sumalee*  
ปีการศึกษา..... 2537      ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



### กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เสร็จสมบูรณ์ลงได้โดยได้รับความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร.สุเมธ ตันตระเชียร ที่ได้ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น และช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ข้าพเจ้า ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์ และ อาจารย์ บุศราภรณ์ มหาโชติ ที่กรุณาให้คำแนะนำ และปรึกษาเพิ่มเติมตลอดการดำเนินงานวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.พัชรี ปานกุล ผศ. สุทธิศักดิ์ สุขในศิลป์ และ ผศ.ดร. ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์ ที่กรุณาเป็นคณะกรรมการ ในการสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ และ เจ้าหน้าที่กองชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์ บริการที่ให้ความอนุเคราะห์การใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย และอำนวยความสะดวก ต่าง ๆ จน ทำให้งานวิจัยในครั้งนี้ลุล่วงไปได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญ

|                              | หน้า |
|------------------------------|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย.....         | ง    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....      | จ    |
| กิตติกรรมประกาศ.....         | ฉ    |
| สารบัญ.....                  | ช    |
| สารบัญตาราง.....             | ซ    |
| สารบัญรูป.....               | ฅ    |
| บทที่                        |      |
| 1. บทนำ.....                 | 1    |
| 2. วารสารปริทัศน์.....       | 3    |
| 3. การดำเนินงานวิจัย.....    | 32   |
| 4. ผลการทดลองและวิจารณ์..... | 37   |
| 5. สรุปผลการทดลอง.....       | 85   |
| รายการอ้างอิง.....           | 80   |
| ภาคผนวก ก.....               | 89   |
| ภาคผนวก ข.....               | 92   |
| ภาคผนวก ค.....               | 96   |
| ภาคผนวก ง.....               | 105  |
| ประวัติผู้เขียน.....         | 108  |



## สารบัญตาราง

| ตารางที่ |  | หน้า |
|----------|--|------|
| 1        | ผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวในแต่ละประเทศ  | 4    |
| 2        | สารประกอบที่ให้กลิ่นรสในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต  | 6    |
| 3        | แบคทีเรียสำคัญที่สามารถสร้างกรดแลคติกในอุตสาหกรรมนม  | 15   |
| 4        | สารให้ความคงตัวที่ใช้ในโยเกิร์ต  | 18   |
| 5        | ช่วงการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อปริมาณแบคทีเรีย  | 24   |
| 6        | ลักษณะของแบคทีเรียที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ M17 Medium ที่ 37 °C<br>48 ชั่วโมง  | 37   |
| 7        | การเปรียบเทียบร้อยละของกรดของโยเกิร์ต ที่ผลิตจากเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้<br>A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> C <sub>2</sub> และ Wild Type บ่มที่อุณหภูมิ 45 °C<br>เป็นเวลา 10 ชั่วโมง | 51   |
| 8        | การประเมินผลการทดสอบทางด้านกลิ่นรส ความเปรี้ยว การยอมรับรวม<br>ของโยเกิร์ตที่ผลิตจากแบคทีเรียผสมของ A <sub>1</sub> กับ A <sub>2</sub> และ B <sub>1</sub> กับ B <sub>2</sub>  | 54   |
| 9        | การเปลี่ยนแปลง pH และร้อยละของกรดในระหว่างบ่มระยะเวลา 0-5 ชั่วโมง<br>ของโยเกิร์ตที่ใช้หัวเชื้อจากโยเกิร์ตทางการค้า ตรา A ร้อยละ 3 โดยปริมาตร   | 56   |
| 10       | การเปลี่ยนแปลง pH และร้อยละของกรดในระหว่างบ่มระยะเวลา 0-10 ชั่วโมง<br>ของโยเกิร์ตที่เตรียมจากหัวเชื้อที่คัดแยกจากผลิตภัณฑ์ ตรา A ร้อยละ 3 ในอาหาร<br>เลี้ยงเชื้อเหลว Lactic Broth หลังการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C นาน 1 เดือน      | 57   |
| 11       | การเปลี่ยนแปลง pH และร้อยละของกรดในระหว่างบ่มระยะเวลา 0-5 ชั่วโมง<br>ของโยเกิร์ตที่เตรียมจากหัวเชื้อผสม A <sub>1</sub> และ A <sub>2</sub> ที่คัดแยกจากโยเกิร์ตในทาง<br>การค้าตรา A ที่ผ่านการชั่งน้ำในอาหารนม 1 ครั้ง          | 58   |



|    |  |    |
|----|--|----|
| 12 | <p>การเปรียบเทียบร้อยละของกรดแลคติกที่เกิดขึ้นในชั่วโมงที่ 5 ของโยเกิร์ต<br/>ที่ผลิตจากหัวเชื้อ 3 ประเภท คือ 1. หัวเชื้อที่ใช้โยเกิร์ตในทางการค้าตรา A<br/>2. หัวเชื้อที่คัดแยกจากโยเกิร์ตในการค้าตรา A หลังการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C<br/>นาน 1 เดือน 3. หัวเชื้อที่คัดแยกจากโยเกิร์ตในทางการค้าตรา A ที่ผ่านการ<br/>เลี้ยงในอาหารนมก่อน 1 ครั้ง</p> | 60 |
| 13 | <p>ภาวะการทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (NIRO ATOMIZER)</p>   | 61 |
| 14 | <p>คุณภาพด้านกายภาพ ของโยเกิร์ตผงที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย<br/>ที่อุณหภูมิต่าง ๆ</p>   | 63 |
| 15 | <p>การลดลงของแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก โดยใช้ในการทำแห้งแบบพ่นฝอย<br/>ที่ภาวะการทำแห้งต่าง ๆ</p>  | 64 |
| 16 | <p>การประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ ของโยเกิร์ตผงคั้นรูป<br/>ที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้ Trained Panalyst จำนวน 6 คน</p>   | 67 |
| 17 | <p>คุณภาพด้านกายภาพของโยเกิร์ตผงที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีการทำแห้ง<br/>แบบเยือกแข็งที่ภาวะการทำแห้งต่าง ๆ และใช้เวลาในการทำแห้ง 30 ชั่วโมง</p>  | 70 |
| 18 | <p>การลดลงของแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก โดยใช้ในการทำแห้งแบบเยือกแข็ง<br/>ที่ภาวะการทำแห้งต่าง ๆ และใช้เวลาในการทำแห้ง 30 ชั่วโมง</p>  | 71 |
| 19 | <p>การประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ ของโยเกิร์ตผง<br/>คั้นรูปที่ผ่านการทำแห้งแบบเยือกแข็ง โดยใช้ Trained Panalyst<br/>จำนวน 6 คน</p>  | 73 |
| 20 | <p>การเปลี่ยนแปลงทาง กายภาพ ของโยเกิร์ตผงที่ผ่านการทำแห้งแบบ<br/>เยือกแข็ง ที่อุณหภูมิแช่แข็ง -20 °C อุณหภูมิทำแห้ง 25 °C ในระหว่าง<br/>การเก็บที่ภาวะอุณหภูมิห้องและที่ 37 °C</p>   | 75 |
| 21 | <p>การเปลี่ยนแปลงทาง เคมี ของโยเกิร์ตผงคั้นรูป ที่ผ่านการทำแห้งแบบ<br/>เยือกแข็ง ที่อุณหภูมิแช่แข็ง -20 °C อุณหภูมิทำแห้ง 25 °C ในระหว่าง<br/>การเก็บที่ภาวะอุณหภูมิห้องและที่ 37 °C</p>   | 76 |

|    |   |     |
|----|---|-----|
| 22 | การเปลี่ยนแปลงทาง จุลินทรีย์ ของโยเกิร์ตผงคั้นรูป ที่ผ่านการทำแห้งแบบเยือกแข็งที่อุณหภูมิแช่แข็ง $-20^{\circ}\text{C}$ อุณหภูมิทำแห้ง $25^{\circ}\text{C}$ ในระหว่างการเก็บที่ภาวะอุณหภูมิห้องและที่ $37^{\circ}\text{C}$   | 78  |
| 23 | การประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ ของโยเกิร์ตผงคั้นรูป ที่ผ่านการทำแห้งแบบเยือกแข็งที่อุณหภูมิแช่แข็ง $-20^{\circ}\text{C}$ อุณหภูมิทำแห้ง $25^{\circ}\text{C}$ ในระหว่างการเก็บที่ภาวะอุณหภูมิห้องและที่ $37^{\circ}\text{C}$ โดยใช้ Trained Panelist จำนวน 6 คน | 79  |
| 24 | ความสัมพันธ์ของการดูดกลืนแสงกับปริมาณแบคทีเรีย ที่ความยาวคลื่น 380 นาโนเมตร   | 96  |
| 25 | การเปลี่ยนแปลง pH และร้อยละของกรดต่อเวลา ของเชื้อแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกที่คัดแยกได้ $A_1$ และ $A_2$ ในการบ่มโยเกิร์ตที่อุณหภูมิ $37^{\circ}\text{C}$ ตลอดระยะเวลาการบ่ม 10 ชั่วโมง  | 97  |
| 26 | การเปลี่ยนแปลง pH และร้อยละของกรดต่อเวลา ของเชื้อแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกที่คัดแยกได้ $B_1$ และ $B_2$ ในการบ่มโยเกิร์ตที่อุณหภูมิ $37^{\circ}\text{C}$ ตลอดระยะเวลาการบ่ม 10 ชั่วโมง  | 98  |
| 27 | การเปลี่ยนแปลง pH และร้อยละของกรดต่อเวลา ของเชื้อแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกที่คัดแยกได้ $C_1$ และ $C_2$ ในการบ่มโยเกิร์ตที่อุณหภูมิ $37^{\circ}\text{C}$ ตลอดระยะเวลาการบ่ม 10 ชั่วโมง  | 99  |
| 28 | การเปลี่ยนแปลง pH และร้อยละของกรดต่อเวลา ของเชื้อแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก Wild Type สายพันธุ์ <u>Lactobacillus bulgaricus</u> , <u>Streptococcus thermophilus</u> และเชื้อผสม ของ 2 ตัว ในการบ่มโยเกิร์ตที่อุณหภูมิ $37^{\circ}\text{C}$ ตลอดระยะเวลาการบ่ม 10 ชั่วโมง        | 100 |

สารบัญรูป

| รูปที่ |   | หน้า |
|--------|---|------|
| 1      | การผลิตโยเกิร์ตแบบดั้งเดิมในแถบตะวันออกเฉียง  | 16   |
| 2      | Phase Diagram ของน้ำ  | 25   |
| 3      | ตัวอย่างลักษณะโคโลนีของเชื้อรูปแท่ง $A_1$ กำลังขยาย 100 เท่า  | 38   |
| 4      | ตัวอย่างลักษณะโคโลนีของเชื้อรูปกลม $A_2$ กำลังขยาย 100 เท่า   | 38   |
| 5      | ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อแบคทีเรีย $A_1$ กำลังขยาย 1000 เท่า ที่เจริญในอาหารเหลว Lactic Broth บ่มที่ 37 °C นาน 24 ชั่วโมง  | 41   |
| 6      | ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อแบคทีเรีย $A_2$ กำลังขยาย 1000 เท่า ที่เจริญในอาหารเหลว Lactic Broth บ่มที่ 37 °C นาน 24 ชั่วโมง  | 41   |
| 7      | ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อแบคทีเรีย $A_2$ กำลังขยาย 1000 เท่า ที่เจริญในอาหารแข็ง Lactic Agar บ่มที่ 37 °C นาน 48 ชั่วโมง   | 42   |
| 8      | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง pH กับ ระยะเวลาการบ่มโยเกิร์ต ที่ผลิตจากหัวเชื้อเดี่ยว $A_1$ (.), หัวเชื้อเดี่ยว $A_2$ (+) และหัวเชื้อผสมระหว่าง $A_1$ กับ $A_2$ ในอัตราส่วน 1:1 (*) ใช้หัวเชื้อร้อยละ 3 (จาก Lactic Broth) บ่มที่อุณหภูมิ 45 °C นาน 10 ชั่วโมง               | 43   |
| 9      | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ร้อยละความเป็นกรด กับ ระยะเวลาการบ่มโยเกิร์ตที่ผลิตจากหัวเชื้อเดี่ยว $A_1$ (.), หัวเชื้อเดี่ยว $A_2$ (+) และหัวเชื้อผสมระหว่าง $A_1$ กับ $A_2$ ในอัตราส่วน 1:1 (*) ใช้หัวเชื้อร้อยละ 3 (จาก Lactic Broth) บ่มที่อุณหภูมิ 45 °C นาน 10 ชั่วโมง | 44   |
| 10     | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง pH กับ ระยะเวลาการบ่มโยเกิร์ต ที่ผลิตจากหัวเชื้อเดี่ยว $B_1$ (.), หัวเชื้อเดี่ยว $B_2$ (+) และหัวเชื้อผสมระหว่าง $B_1$ กับ $B_2$ ในอัตราส่วน 1:1 (*) ใช้หัวเชื้อร้อยละ 3 (จาก Lactic Broth) บ่มที่อุณหภูมิ 45 °C นาน 10 ชั่วโมง               | 45   |



- 11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ร้อยละความเป็นกรด กับ ระยะเวลาการบ่มโยเกิร์ตที่ผลิตจากหัวเชื้อเดี่ยว B<sub>1</sub> (.), หัวเชื้อเดี่ยว B<sub>2</sub> (+) และหัวเชื้อผสมระหว่าง B<sub>1</sub> กับ B<sub>2</sub> ในอัตราส่วน 1:1 (\*) ใช้หัวเชื้อร้อยละ 3 (จาก Lactic Broth) บ่มที่อุณหภูมิ 45 °C นาน 10 ชั่วโมง 46
- 12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง pH กับ ระยะเวลาการบ่มโยเกิร์ต ที่ผลิตจากหัวเชื้อเดี่ยว C<sub>1</sub> (.), หัวเชื้อเดี่ยว C<sub>2</sub> (+) และหัวเชื้อผสมระหว่าง C<sub>1</sub> กับ C<sub>2</sub> ในอัตราส่วน 1:1 (\*) ใช้หัวเชื้อร้อยละ 3 (จาก Lactic Broth) บ่มที่อุณหภูมิ 45 °C นาน 10 ชั่วโมง 47
- 13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ร้อยละความเป็นกรด กับ ระยะเวลาการบ่มโยเกิร์ตที่ผลิตจากหัวเชื้อเดี่ยว C<sub>1</sub> (.), หัวเชื้อเดี่ยว C<sub>2</sub> (+) และหัวเชื้อผสมระหว่าง C<sub>1</sub> กับ C<sub>2</sub> ในอัตราส่วน 1:1 (\*) ใช้หัวเชื้อร้อยละ 3 (จาก Lactic Broth) บ่มที่อุณหภูมิ 45 °C นาน 10 ชั่วโมง 48
- 14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง pH กับ ระยะเวลาการบ่มโยเกิร์ต ที่ผลิตจากหัวเชื้อเดี่ยว L. bulgaricus (.), หัวเชื้อเดี่ยว S. thermophilus (+) และหัวเชื้อผสมระหว่าง L. bulgaricus กับ S. thermophilus ในอัตราส่วน 1:1 (\*) ใช้หัวเชื้อร้อยละ 3 (จาก Lactic Broth) บ่มที่อุณหภูมิ 45 °C นาน 10 ชั่วโมง 49
- 15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ร้อยละความเป็นกรด กับ ระยะเวลาการบ่มโยเกิร์ตที่ผลิตจากหัวเชื้อเดี่ยว L. bulgaricus (.), หัวเชื้อเดี่ยว S. thermophilus (+) และหัวเชื้อผสมระหว่าง L. bulgaricus กับ S. thermophilus ในอัตราส่วน 1:1 (\*) ใช้หัวเชื้อร้อยละ 3 (จาก Lactic Broth) บ่มที่อุณหภูมิ 45 °C นาน 10 ชั่วโมง 50
- 16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง pH กับ ระยะเวลาการบ่มโยเกิร์ต ที่ผลิตจากหัวเชื้อผสมของ A<sub>1</sub> กับ A<sub>2</sub> (.), B<sub>1</sub> กับ B<sub>2</sub> (+), C<sub>1</sub> กับ C<sub>2</sub> (\*) และ Wild Type (o) ในอัตราส่วน 1:1 ใช้หัวเชื้อร้อยละ 3 (จาก Lactic Broth) บ่มที่อุณหภูมิ 45 °C นาน 10 ชั่วโมง 52

- 17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ร้อยละความเป็นกรด กับ ระยะเวลาการบ่มโยเกิร์ตที่ผลิตจากหัวเชื้อผสมของ  $A_1$  กับ  $A_2$  (.),  $B_1$  กับ  $B_2$  (+),  $C_1$  กับ  $C_2$  (\*) และ Wild Type (o) ในอัตราส่วน 1:1 ใช้หัวเชื้อร้อยละ 3 (จาก Lactic Broth) บ่มที่อุณหภูมิ  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  นาน 10 ชั่วโมง 53
- 18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ร้อยละความเป็นกรด กับ ระยะเวลาการผลิตของโยเกิร์ตที่ผลิตจากหัวเชื้อจากโยเกิร์ตในทางการค้าตรา A (.), หัวเชื้อจากแบคทีเรียที่คัดแยกจากโยเกิร์ตในทางการค้าตรา A (+) และหัวเชื้อจากแบคทีเรียที่คัดแยกจากโยเกิร์ตในทางการค้าตรา A ที่ผ่านการเลี้ยงในอาหารนมที่อุณหภูมิ  $37\text{ }^{\circ}\text{C}$  นาน 24 ชั่วโมงก่อนนำมาเป็นหัวเชื้อ (\*) 59
- 19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิออกกับความชื้นที่เหลืออยู่ในโยเกิร์ตผงภายหลังการทำแห้งแบบพ่นฝอย 65
- 20 โยเกิร์ตภายหลังการทำแห้งแบบเยือกแข็ง 69
- 21 การวัดการดูดกลืนแสงของเชื้อแบคทีเรีย  $A_1$  ที่คัดแยกได้จากโยเกิร์ตในทางการค้าที่เจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว Lactic Broth ที่ความยาวคลื่น 300 ถึง 700 นาโนเมตร 101
- 22 การวัดการดูดกลืนแสงของเชื้อแบคทีเรีย  $A_2$  ที่คัดแยกได้จากโยเกิร์ตในทางการค้าที่เจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว Lactic Broth ที่ความยาวคลื่น 300 ถึง 700 นาโนเมตร 102
- 23 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าการดูดกลืนแสง กับ ปริมาณเชื้อแบคทีเรีย  $A_1$  โดยทำการเจือจางด้วยอาหารเหลว Lactic Broth 103
- 24 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าการดูดกลืนแสง กับ ปริมาณเชื้อแบคทีเรีย  $A_2$  โดยทำการเจือจางด้วยอาหารเหลว Lactic Broth 104